

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-210648

(43) 公開日 平成9年(1997)8月12日

| | | | | |
|---------------------------|------|--------|---------------|--------|
| (51) Int.Cl. ⁶ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
| G 0 1 B 11/24 | | | G 0 1 B 11/24 | D F |
| 9/02 | | | 9/02 | |

審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-44282

(22) 出願日 平成8年(1996)2月6日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 末吉 正史

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

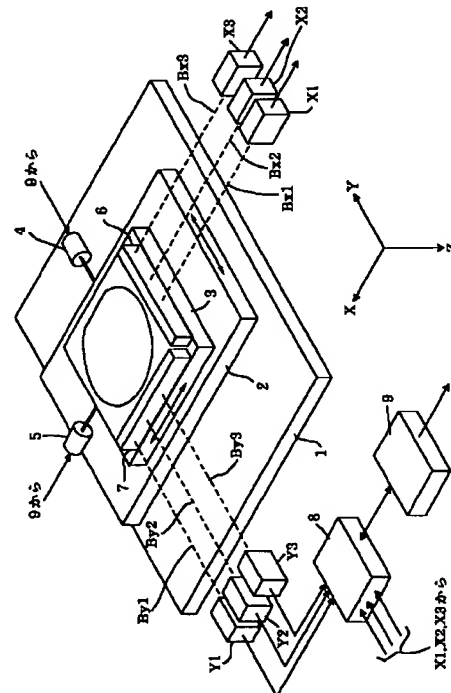
(74) 代理人 弁理士 山口 孝雄

(54) 【発明の名称】 面形状の測定方法および測定装置

(57) 【要約】

【課題】 面形状を所望のピッチで高精度に測定することのできる測定方法および測定装置。

【解決手段】 被検査面上の第1の点と、第1の点から距離 α だけ隔てた第2の点と、第2の点から距離 $(\alpha + \beta)$ だけ隔てた第3の点における位置情報をそれぞれ検出する第1～第3干渉計を備え、初期状態である第1の測定状態から相対移動量が距離差 β の n 倍 ($n: 1, 2, 3 \dots$ の自然数) に順次等しくなる第 n の測定状態までの各測定状態における第1～第3の干渉計の出力に基づいて被検査面の面形状を測定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検査面上の測定方向に沿った複数の点における所定方向に沿った位置を検出することによって前記被検査面の面形状を測定する方法において、第1の測定状態において、前記被検査面上の第1の点における前記所定方向に沿った位置情報を第1の干渉計で検出し、前記第1の点から前記測定方向に沿って第1の距離 α だけ間隔を隔てた前記被検査面上の第2の点における前記所定方向に沿った位置情報を第2の干渉計で検出し、前記第2の点から前記第1の点とは反対方向に前記測定方向に沿って第1の距離とは異なる第2の距離 $(\alpha + \beta)$ だけ間隔を隔てた前記被検査面上の第3の点における前記所定方向に沿った位置情報を第3の干渉計で検出する第1工程と、前記第1の干渉計乃至前記第3の干渉計に対して前記被検査面を前記測定方向に沿って前記第1の測定状態から前記第2の距離と前記第1の距離との距離差 β の n 倍 $(n: 1, 2, 3 \dots \text{の自然数})$ だけ順次相対移動させた第 n の測定状態までの各測定状態において、前記第1の干渉計乃至前記第3の干渉計によってそれぞれ対応する前記被検査面上の点における前記所定方向に沿った位置情報を順次検出する第2工程乃至第 n 工程とを備え、前記第1の測定状態から前記第 n の測定状態に亘る各測定状態における前記第1の干渉計乃至前記第3の干渉計の出力に基づいて、前記測定方向に沿って前記距離差 β の周期で存在する前記複数の点において前記被検査面の面形状を測定することを特徴とする面形状の測定方法。

【請求項2】 前記各測定状態において、前記距離差 β は $\alpha = N\beta$ (N は2以上の自然数)の関係を満足することを特徴とする請求項1に記載の測定方法。

【請求項3】 前記第1の干渉計乃至前記第3の干渉計に対する前記被検査面の相対移動に際する前記被検査面の前記測定方向に対するぶれを検出し、検出したぶれに応じて前記被検査面の面形状の測定値を補正することを特徴とする請求項1または2に記載の測定方法。

【請求項4】 被検査面上の測定方向に沿った複数の点における所定方向に沿った位置を検出し、前記複数の点において検出した位置に基づいて前記被検査面の面形状を測定する装置において、前記被検査面上の第1の点における前記所定方向に沿った位置情報を検出するための第1の干渉計と、前記第1の点から前記測定方向に沿って第1の距離 α だけ間隔を隔てた前記被検査面上の第2の点における前記所定方向に沿った位置情報を検出するための第2の干渉計と、前記第2の点から前記第1の点とは反対方向に前記測定方向に沿って第1の距離とは異なる第2の距離 $(\alpha + \beta)$ だけ間隔を隔てた前記被検査面上の第3の点における前記所定方向に沿った位置情報を検出するための第3

の干渉計と、

前記第1の干渉計乃至前記第3の干渉計に対して前記被検査面を前記測定方向に沿って相対的に移動させるための相対移動手段と、

前記第1の干渉計乃至前記第3の干渉計に対する前記被検査面の前記測定方向に沿った相対移動量を検出するための相対移動量検出手段とを備え、

初期状態である第1の測定状態から前記相対移動量が前記第2の距離と前記第1の距離との距離差 β の n 倍

$(n: 1, 2, 3 \dots \text{の自然数})$ に順次等しくなる第 n の測定状態までの各測定状態における前記第1の干渉計乃至前記第3の干渉計の出力に基づいて、前記測定方向に沿って前記距離差 β の周期で存在する前記複数の点において前記被検査面の面形状を測定することを特徴とする面形状の測定装置。

【請求項5】 第1の干渉計乃至前記第3の干渉計は、前記第1の距離 α と前記距離差 β とが $\alpha = N\beta$ (N は2以上の自然数)の関係を満足するように位置決めされていることを特徴とする請求項4に記載の測定装置。

【請求項6】 前記相対移動量検出手段は、前記第1の干渉計乃至前記第3の干渉計に対する前記被検査面の相対移動に際する前記被検査面の前記測定方向に対するぶれを検出し、

検出したぶれに応じて前記被検査面の面形状の測定値を補正することを特徴とする請求項4または5に記載の測定装置。

【請求項7】 被検査面上の測定方向に沿った複数点における所定方向に沿った位置を検出し、前記複数点において検出した位置情報に基づいて前記被検査面の面形状を測定する装置において、

前記被検査面上の第1の位置における前記所定方向に沿った位置情報を検出する第1の検出手段と、

前記被検査面上の第1の位置から前記測定方向に沿って第1の所定距離を隔てた前記被検査面上の第2の位置における前記所定方向に沿った位置情報を検出する第2の検出手段と、

前記被検査面上の第2の位置から前記測定方向に沿って前記第1の所定距離とは異なる第2の所定距離を隔てた前記被検査面上の第3の位置における前記所定方向に沿った位置情報を検出する第3の検出手段と、

前記第1乃至第3の検出手段に対して前記被検査面を相対的に所定ピッチ毎に移動させる相対移動手段と、

前記相対移動手段によって前記第1乃至第3の検出手段に対して前記被検査面を相対的に所定ピッチ毎に移動させることにより、前記前記第1乃至第3の検出手段においてそれぞれ得られる各ピッチ毎の検出情報に基づいて、前記被検査面の面形状を算出する算出手段とを備えたことを特徴とする面形状の測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は面形状の測定方法および測定装置に関し、特に精密な位置決めが要求される露光装置のステージにおいてレーザ干渉測長機から射出されたレーザビームを反射する平面鏡の反射面の形状を測定する方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、レーザ干渉測長機（以下、単に「干渉計」という）による平面鏡の面形状の測定方法としては、平面鏡の面形状の測定方向Yに沿って間隔pを隔てて配置された2軸の干渉計を使用する方法がある。

【0003】2軸の干渉計を使用する面形状の測定方法では、まず第1の測定状態において、2軸の干渉計の各々の出力の差分に基づいて、2軸の干渉計に対応する反射面上の2つの点の間における干渉計の計測方向に沿

$$X(np) = X\{(n-1)p\} + \Delta\{(n-1)p\}$$

$$= \sum_{k=0}^{n-1} \Delta(kp)$$

(1)

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、従来技術の面形状の測定方法では、2軸の干渉計の間隔pよりも小さいピッチで面形状を測定することができない。したがって、面形状の測定精度を向上させて高次の面形状を測定するためには、2軸の干渉計の間隔pをできるだけ小さくする必要がある。

【0006】しかしながら、実際には、2軸の干渉計の機械的な干渉を回避しながら間隔pを小さくするには限界がある。たとえば、一般的によく使用されているヒューレット・パッカード社製の干渉計HP10706Aの場合、間隔pを約40mmにするのが限界である。その結果、近年、特に高精度な位置決めが要求される露光装置のXYステージに取り付けられる反射表面鏡の面形状の測定に必要な測定精度を得ることが困難になってきている。

【0007】本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、面形状を所望のピッチで高精度に測定することのできる測定方法および測定装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明においては、被検査面上の測定方向に沿った複数の点における所定方向に沿った位置を検出することによって前記被検査面の面形状を測定する方法において、第1の測定状態において、前記被検査面上の第1の点における前記所定方向に沿った位置情報を第1の干渉計で検出し、前記第1の点から前記測定方向に沿って第1の距離 α だけ間隔を隔てた前記被検査面上の第2の点における前記所定方向に沿った位置情報を第2の干渉計で検出し、前記第2の点から前記第1の点とは反対方向に前記測定方向に沿って第1の距離とは異なる第2の距

た位置変化量 $\Delta(0)$ を求める。次いで、第2の測定状態において、平面鏡を測定方向Yに沿って2軸の干渉計の間隔pに等しい距離だけ移動させて計測を行う。そして、各干渉計の出力の差に基づいて、2軸の干渉計に対応する反射面上の2つの点の間における干渉計の計測方向に沿った位置変化量 $\Delta(p)$ を求める。この計測操作を第nの測定まで順次続行し、位置変化量 $\Delta\{(n-1)p\}$ を求める。

【0004】こうして、計測された位置変化量 $\Delta(0) \sim \Delta\{(n-1)p\}$ を積算することにより、測定開始における基準点から測定方向Yに沿って距離npだけ間隔を隔てた点の干渉計の計測方向に沿った相対位置X(np)を次の式(1)により求めることができる。

【数1】

離 $(\alpha + \beta)$ だけ間隔を隔てた前記被検査面上の第3の点における前記所定方向に沿った位置情報を第3の干渉計で検出する第1工程と、前記第1の干渉計乃至前記第3の干渉計に対して前記被検査面を前記測定方向に沿って前記第1の測定状態から前記第2の距離と前記第1の距離との距離差 β のn倍(n:1、2、3...の自然数)だけ順次相対移動させた第nの測定状態までの各測定状態において、前記第1の干渉計乃至前記第3の干渉計によってそれぞれ対応する前記被検査面上の点における前記所定方向に沿った位置情報を順次検出する第2工程乃至第n工程とを備え、前記第1の測定状態から前記第nの測定状態に亘る各測定状態における前記第1の干渉計乃至前記第3の干渉計の出力に基づいて、前記測定方向に沿って前記距離差 β の周期で存在する前記複数の点において前記被検査面の面形状を測定することを特徴とする面形状の測定方法を提供する。

【0009】本発明の好ましい態様によれば、前記各測定状態において、前記距離差 β は $\alpha = N\beta$ (Nは2以上の自然数)の関係を満足する。また、前記第1の干渉計乃至前記第3の干渉計に対する前記被検査面の相対移動に際する前記被検査面の前記測定方向に対するぶれを検出し、検出したぶれに応じて前記被検査面の面形状の測定値を補正することが好ましい。

【0010】また、本発明の別の局面によれば、被検査面上の測定方向に沿った複数の点における所定方向に沿った位置を検出し、前記複数の点において検出した位置に基づいて前記被検査面の面形状を測定する装置において、前記被検査面上の第1の点における前記所定方向に沿った位置情報を検出するための第1の干渉計と、前記第1の点から前記測定方向に沿って第1の距離 α だけ間隔を隔てた前記被検査面上の第2の点における前記所定

方向に沿った位置情報を検出するための第2の干渉計と、前記第2の点から前記第1の点とは反対方向に前記測定方向に沿って第1の距離とは異なる第2の距離($\alpha + \beta$)だけ間隔を隔てた前記被検査面上の第3の点における前記所定方向に沿った位置情報を検出するための第3の干渉計と、前記第1の干渉計乃至前記第3の干渉計に対して前記被検査面を前記測定方向に沿って相対的に移動させるための相対移動手段と、前記第1の干渉計乃至前記第3の干渉計に対する前記被検査面の前記測定方向に沿った相対移動量を検出するための相対移動量検出手段とを備え、初期状態である第1の測定状態から前記相対移動量が前記第2の距離と前記第1の距離との距離差 β の n 倍($n: 1, 2, 3 \dots$ の自然数)に順次等しくなる第 n の測定状態までの各測定状態における前記第1の干渉計乃至前記第3の干渉計の出力に基づいて、前記測定方向に沿って前記距離差 β の周期で存在する前記複数の点において前記被検査面の面形状を測定することを特徴とする面形状の測定装置を提供する。

【0011】さらに、本発明の別の局面によれば、被検査面上の測定方向に沿った複数の点における所定方向に沿った位置を検出し、前記複数の点において検出した位置情報に基づいて前記被検査面の面形状を測定する装置において、前記被検査面上の第1の位置における前記所定方向に沿った位置情報を検出する第1の検出手段と、前記被検査面上の第1の位置から前記測定方向に沿って第1の所定距離を隔てた前記被検査面上の第2の位置における前記所定方向に沿った位置情報を検出する第2の検出手段と、前記被検査面上の第2の位置から前記測定方向に沿って前記第1の所定距離とは異なる第2の所定距離を隔てた前記被検査面上の第3の位置における前記所定方向に沿った位置情報を検出する第3の検出手段と、前記第1乃至第3の検出手段に対して前記被検査面を相対的に所定ピッチ毎に移動させる相対移動手段と、前記相対移動手段によって前記第1乃至第3の検出手段に対して前記被検査面を相対的に所定ピッチ毎に移動させることにより、前記前記第1乃至第3の検出手段においてそれぞれ得られる各ピッチ毎の検出情報に基づいて、前記被検査面の面形状を算出する算出手段とを備えたことを特徴とする面形状の測定装置を提供する。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明では、被検査面上の各点における位置情報の検出手段として、たとえば3軸の干渉計を備えている。そして、第1の測定状態において、被検査面上の第1の点における所定方向に沿った位置情報を第1の干渉計で検出する。また、第1の点から測定方向に沿って第1の距離 α だけ間隔を隔てた被検査面上の第2の点における所定方向に沿った位置情報を第2の干渉計で検出する。さらに、第2の点から第1の点とは反対方向に測定方向に沿って第1の距離とは実質的に異なる第2の距離($\alpha + \beta$)だけ間隔を隔てた被検査面上の

第3の点における所定方向に沿った位置情報を第3の干渉計で検出する。

【0013】次いで、第1の干渉計乃至第3の干渉計に対して被検査面を測定方向に沿って第1の測定状態から第2の距離と第1の距離との距離差 β だけ相対移動させた第2の測定状態において、第1の干渉計乃至第3の干渉計によってそれぞれ対応する被検査面上の点における所定方向に沿った位置情報を検出する。この工程を順次繰り返すことにより、被検査面を測定方向に沿って距離差 β の n 倍(n は自然数)だけ順次相対移動させた第 n の測定状態までの各測定状態において、第1の干渉計乃至第3の干渉計によってそれぞれ対応する被検査面上の点における所定方向に沿った位置情報を順次検出する。

【0014】こうして、実施例において詳述するように、各測定状態における第1の干渉計乃至第3の干渉計の出力に基づいて、測定方向に沿って距離差 β の周期で存在する複数の点において被検査面の面形状を測定することが可能となる。換言すれば、距離差 β を所望の値に設定することにより、各干渉計の最小間隔よりも小さな周期(ピッチ)で高次の面形状を高精度に測定することができる。

【0015】以下、本発明の実施例を、添付図面を参照して説明する。図1は、本発明の実施例にかかる面形状測定装置の構成を概略的に示す斜視図である。なお、本実施例では、露光装置のXYステージに取り付けられる平面鏡の面形状測定に対して本発明を適用している。図1において、XYステージの支持面に垂直な方向にZ軸を、XYステージの支持面上において互いに直交する2つの方向にX軸およびY軸をそれぞれ設定している。

【0016】図1において、ベース(基盤)1上には、Yステージ2が取り付けられている。Yステージ2は、図中矢印で示すように、モータ4によってY方向に駆動されるように構成されている。また、Yステージ2上には、Xステージ3が取り付けられている。Xステージ3は、図中矢印で示すように、モータ5によってX方向に駆動されるように構成されている。さらに、Xステージ3上には、YZ平面に平行な反射面を有するX軸移動鏡6およびXZ平面に平行な反射面を有するY軸移動鏡7が取り付けられている。このように、ベース1、Yステージ2、Xステージ3、モータ4、モータ5、X軸移動鏡6およびY軸移動鏡7は、露光装置のXYステージを構成している。

【0017】さらに、図1において、X軸移動鏡6の反射面に対向するように、3つのX方向干渉計X1~X3がY方向に沿って並んで配置されている。干渉計X1とX2とはY方向に沿って距離 α だけ間隔を隔てて配置され、干渉計X2とX3とはY方向に沿って距離 $\alpha + \beta$ だけ間隔を隔てて配置されている。各干渉計X1~X3は、X方向に沿ったレーザビームBx1~Bx3をそれぞれ射出し、X軸移動鏡6の反射面からの戻り光を受光す

る。

【0018】また、Y軸移動鏡7の反射面に対向するように、3つのY方向干渉計Y1～Y3がX方向に沿って並んで配置されている。干渉計Y1とY2とはX方向に沿って距離 α だけ間隔を隔てて配置され、干渉計Y2とY3とはX方向に沿って距離 $\alpha + \beta$ だけ間隔を隔てて配置されている。各干渉計Y1～Y3は、Y方向に沿ったレーザビームBy1～By3をそれぞれ射出し、Y軸移動鏡7の反射面からの戻り光を受光する。なお、本実施例では、 $\alpha = N\beta$ (N は2以上の自然数)の関係が成立しているものとする。

【0019】3軸のX方向干渉計X1～X3の各出力および3軸のY方向干渉計Y1～Y3の各出力は、制御系8の入力に接続されている。また、制御系8の出力は、駆動系9の入力に接続されている。さらに、駆動系9の出力は、モータ4および5の入力に接続されている。このように、3軸のX方向干渉計X1～X3、3軸のY方向干渉計Y1～Y3、モータ4および5、制御系8、および駆動系9は、本実施例の測定装置を構成している。

【0020】図2および図3は、本発明の作用についてその原理を説明する図である。なお、3軸のX方向干渉計X1～X3を用いて行うX軸移動鏡6の反射面の面形状測定と、3軸のY方向干渉計Y1～Y3を用いて行うY軸移動鏡7の反射面の面形状測定とは、原理的に同じである。したがって、図2および図3では、3軸のX方向干渉計X1～X3を用いて行う測定方法の原理だけを説明している。以下、図2および図3を参照して、本実施例の測定装置の動作を説明する。

【0021】図2において、第1の測定状態では、X軸移動鏡6の反射面が図中実線で示す位置にあり、Yステージ2が全体座標の基準位置 $Y=0$ にあるものとする。

$$\Delta(\alpha) = x_2(0) - x_1(0) - \{x_3(\alpha) - x_2(\alpha)\} \quad (2)$$

【0024】さらに、 $Y=\beta$ の第2の測定状態では、X方向干渉計X1～X3の各出力として、 $x_1(\beta)$ 、 $x_2(\beta)$ および $x_3(\beta)$ を得ることができる。また、 $Y=\alpha + \beta$ の第(N+2)の測定状態では、X方向干渉計X1～X3の各出力として、 $x_1(\alpha + \beta)$ 、 $x_2(\alpha + \beta)$

$$\Delta(\alpha + \beta) = x_2(\beta) - x_1(\beta) - \{x_3(\alpha + \beta) - x_2(\alpha + \beta)\} \quad (3)$$

【0025】こうして、 $y = \alpha + k\beta$ (k は0および自然数)における反射面から $y = \alpha + (k+1)\beta$ における反射面への位置変化量 $\Delta(\alpha + k\beta)$ は、次の式

$$\Delta(\alpha + k\beta) = x_2(k\beta) - x_1(k\beta) - \{x_3(\alpha + k\beta) - x_2(\alpha + k\beta)\} \quad (4)$$

【0026】式(4)に示すように、本実施例では、3軸の干渉計X1～X3を用いて、X軸移動鏡6の反射面上の局部座標 y に沿ってピッチ β で位置変化量 $\Delta(\alpha + k\beta)$ を求めることができる。したがって、2軸の干渉計を用いてピッチ p で位置変化量 $\Delta(kp)$ を求める従

そして、第1の測定状態において、3軸のX方向干渉計X1～X3のうち干渉計X3から射出されたレーザビームBx3がX軸移動鏡6の反射面に入射する点を移動鏡上の局部座標の基準位置 $y=0$ とする。こうして、 $Y=0$ の第1の測定状態では、X方向干渉計X1～X3の各出力として、 $x_1(0)$ 、 $x_2(0)$ および $x_3(0)$ を得ることができる。

【0022】次に、駆動系9は制御系8からの駆動信号に基づいてモータ4を回転駆動し、Yステージ2を+Y方向に沿って図2中右側に移動させる。そして、X方向干渉計X1～X3の各出力は、 β ピッチで制御系8に取り込まれて信号処理される。したがって、第(N+1)の測定状態では、Yステージ2が $Y=N\beta=\alpha$ の位置、すなわちX軸移動鏡6の反射面が図中破線で示す位置に達する。ちなみに、第(N+1)の測定状態において、干渉計X3から射出されたレーザビームBx3がX軸移動鏡6の反射面に入射する点は $y=N\beta=\alpha$ の位置となる。こうして、 $Y=\alpha$ の第(N+1)の測定状態では、X方向干渉計X1～X3の各出力として、 $x_1(\alpha)$ 、 $x_2(\alpha)$ および $x_3(\alpha)$ を得ることができる。

【0023】図3に示すように、第1の測定状態における干渉計X2の出力と干渉計X1の出力との差 $x_2(0) - x_1(0)$ と、第(N+1)の測定状態における干渉計X3の出力と干渉計X2の出力との差 $x_3(\alpha) - x_2(\alpha)$ との差は、 $y=\alpha$ における反射面のX方向に沿った位置 $X(\alpha)$ と $y=\alpha + \beta$ における反射面のX方向に沿った位置 $X(\alpha + \beta)$ との差 $\Delta(\alpha)$ と一致する。したがって、 $y=\alpha$ における反射面から $y=\alpha + \beta$ における反射面への位置変化量 $\Delta(\alpha)$ は、次の式(2)のように表される。

および $x_3(\alpha + \beta)$ を得ることができる。したがって、図3を参照すると、 $y=\alpha + \beta$ における反射面から $y=\alpha + 2\beta$ における反射面への位置変化量 $\Delta(\alpha + \beta)$ は、次の式(3)のように表されることがわかる。

【数2】

(4)のように一般化されることがわかる。

【数3】

来技術において示す式(1)の場合と同様に考えて、 $y = \alpha + n\beta$ におけるX軸移動鏡6の反射面の位置 $X(\alpha + n\beta)$ を、次の式(5)で表すことができる。

【数4】

$$\begin{aligned}
 X(\alpha + n\beta) &= X\{\alpha + (n-1)\beta\} + \Delta\{\alpha + (n-1)\beta\} \\
 &= X(\alpha) + \sum_{k=0}^{n-1} \Delta(k\beta) \quad (5)
 \end{aligned}$$

【0027】なお、上述の式(5)において、初期値 $X(\alpha)$ は $y=\alpha$ におけるX軸移動鏡6の反射面の位置である。すなわち、 $y=0$ におけるX軸移動鏡6の反射面の位置 $X(0)$ を基準にすれば、初期値 $X(\alpha)$ は $y=0$ における反射面から $y=\alpha$ における反射面への位置変化量に他ならない。このように、本実施例では、X軸移動鏡6の反射面において $y=\alpha$ からピッチ β で面形状を測定することができる。すなわち、ピッチ β を所望の値に設定することにより、各干渉計の最小間隔よりも小さな周期(ピッチ)で高次の面形状を高精度に測定することができる。

【0028】図4は、図1の実施例において面形状の測定中にステージに回転が起こった場合の測定値の補正について説明する図であって、(a)はステージの直線運動中において回転が起こっていない状態を、(b)はステージの直線運動中において回転が起こった状態をそれぞれ示している。なお、図4において、X軸移動鏡6およびY軸移動鏡7は、X軸またはY軸に平行にステージと一体的に直線移動し且つZ軸に平行なステージ中心軸

$$\begin{aligned}
 \Delta(\alpha + k\beta) &= x_2(k\beta) - x_1(k\beta) \\
 &\quad - \{x_3(\alpha + k\beta) - x_2(\alpha + k\beta)\} \\
 &\quad + y_2(k\beta) - y_1(k\beta) \\
 &\quad - \{y_3(\alpha + k\beta) - y_2(\alpha + k\beta)\} \quad (6)
 \end{aligned}$$

ただし、 $y_1(y) \sim y_3(y)$ は、X軸移動鏡6の面形状測定中における干渉計Y1～Y3の出力である。

【0031】図4では、X方向干渉計とY方向干渉計とをステージ中心軸線に関して回転対称に配置することにより、ステージの回転に起因する成分の除去を簡単な式に基づいて行っている。しかしながら、非計測方向の干渉計すなわちY方向干渉計を2軸で構成し、2軸のY方向干渉計を介して求めたステージの回転角に基づいてX方向干渉計による面形状測定値を補正してもよい。また、所要の測定精度に比してステージの回転に起因する成分が十分小さい場合には、非計測方向の干渉計すなわちY方向干渉計を1軸で構成し、面形状測定値を補正しなくてもよい。この場合、すなわちステージの回転に起因する成分が十分小さくて無視することができる場合には、Y軸方向の座標測定はそれほど高精度である必要がないので、干渉計に代えてエンコーダー等の他の適当な手段を用いることもできる。

【0032】なお、ステージがその中心軸線回りに回転する機構を有する場合には、非計測方向の干渉計であるY方向干渉計により計測されたステージの回転角が0に

線回りにステージと一体的に回転するものとする。また、X軸移動鏡6の反射面とY軸移動鏡7の反射面との直交度が確保されているものとする。

【0029】図4では、X方向干渉計X1～X3とY方向干渉計Y1～Y3とが、ステージの中心軸線に関して回転対称に配置されている。したがって、X軸移動鏡6の反射面の面形状測定に際してX軸移動鏡6の回転に起因する成分を取り除くことは、Y軸移動鏡7の回転に起因する成分を取り除くことと等価である。すなわち、干渉計X1と干渉計X2との差分信号のうちステージの回転に起因する成分は、干渉計Y1と干渉計Y2との差分信号に他ならない。したがって、 $y=\alpha+k\beta$ (k は0および自然数)における反射面から $y=\alpha+(k+1)\beta$ における反射面への正確な位置変化量 $\Delta(\alpha+k\beta)$ すなわちステージ回転に起因する成分を取り除いて補正した位置変化量 $\Delta(\alpha+k\beta)$ は、上述の式(4)を参照して次の式(6)のように一般化される。

【0030】

【数5】

なるようにステージのY軸方向移動を制御しながらX軸移動鏡6の面形状測定を行うことにより、ステージの回転に起因する誤差を含まない高精度な測定が可能になる。ここで、式(6)を参照すると、式(6)は干渉計による計測値を8つ含んでいる。したがって、式(6)で得られる位置変化量 $\Delta(\alpha+k\beta)$ を $k=0$ から n まで積算してゆくと、誤差が大きく累積してしまうことになる。

【0033】上述したように、本実施例では、 $\alpha=N\beta$ (N は2以上の自然数)の関係を満たすように各干渉計の間隔(ピッチ)が規定されている。また、本実施例では、ピッチが α 、 $\alpha+\beta$ および $2\alpha+\beta$ の3組の2軸干渉計が設けられていると考えられる。したがって、これらのピッチでの位置変化量は、積算することなく直接計測可能である。したがって、たとえば $y=3\alpha+2\beta$ におけるX軸移動鏡6の反射面の位置 $X(3\alpha+2\beta)$ を、上述の式(5)を参照して次の式(7)で表すことができる。

【0034】

【数6】

$$\begin{aligned}
 X(3\alpha + 2\beta) &= X(\alpha + (2N+2)\beta) \\
 &= X(\alpha) + \sum_{k=0}^{2N+1} \Delta(\alpha + k\beta) \quad (7)
 \end{aligned}$$

また、上述の式(7)を次の式(8)のように変形する

$$X(3\alpha + 2\beta) = X(\alpha) + x1(\alpha) - x3(\alpha) + \Delta(3\alpha + \beta) \quad (8)$$

【0035】式(7)において、 $X(\alpha)$ を初期値として位置変化量 $\Delta(\alpha + k\beta)$ を $k=0 \sim (2N+1)$ まで積算して位置 $X(3\alpha + 2\beta)$ を求める場合、累積誤差の大きく発生してしまう。しかしながら、式(8)において、 $\{X(\alpha) + x1(\alpha) - x3(\alpha)\}$ を初期値として位置変化量 $\Delta(3\alpha + \beta)$ を加算して位置 $X(3\alpha + 2\beta)$ を求めることができる。

【0036】図5および図6は、誤差の累積について説明する図である。図5および図6を参照して、 $N=4$ すなわち $\alpha=4\beta$ のときの誤差の累積についてさらに具体的に検討する。式(7)に基づいて $y=3\alpha + 2\beta = 14\beta$ の点における位置座標 $X(14\beta)$ を求める場合、 $X(\alpha)$ を初期値として位置変化量 $\Delta(\alpha + k\beta)$ を $k=0 \sim 9$ まで積算する。したがって、式(7)に基づく測定では、図5に示すように、ピッチ β ごとに誤差が累積してしまう。

【0037】一方、式(8)に基づいて $y=3\alpha + 2\beta = 14\beta$ の点における位置座標 $X(14\beta)$ を求める場合、 $\{X(\alpha) + x1(\alpha) - x3(\alpha)\}$ を初期値として位置変化量 $\Delta(3\alpha + \beta) = \Delta(13\beta)$ を加えるだけである。すなわち、式(7)に基づく測定が可能な本実施例では、図6に示すように、 $y=\alpha$ の点から $=13\beta$ の点までの間における誤差の累積が少なく、結果的に累積誤差の少ない測定が可能になる。このように、本実施例では、 $\alpha=N\beta$ (N は2以上の自然数)の関係を満たすように各干渉計の間隔(ピッチ)が規定されているので、累積誤差が発生することなく高精度な面形状測定が可能であることがわかる。

【0038】なお、上述の実施例では、 $\alpha=N\beta$ の関係を満たすように各干渉計の間隔を規定しているが、各干渉計の間隔が $\alpha=N\beta$ の関係を満たさない場合にも本発明は有効である。以下、各干渉計の間隔が $\alpha=N\beta$ の関係を満たさない場合について説明する。上述の実施例のように、 $\alpha=N\beta$ の関係が成立し且つ $Y=0$ の点からピッチ β で3軸干渉計 $X1 \sim X3$ の出力を取り込む場合、3軸干渉計 $X1 \sim X3$ の測定点は互いに重なることになる。一方、 $\alpha=N\beta$ の関係が成立しない場合には、 $Y=0$ の点からピッチ β で3軸干渉計 $X1 \sim X3$ の出力を取り込んでも測定点は互いに重ならなくなってしまう。そこで、3軸干渉計 $X1 \sim X3$ の間隔が $\alpha=N\beta + \gamma$ の関係を満たす場合には、 $Y=0$ の点からピッチ β で干渉計 $X1$ および $X2$ の出力を取り込むとともに、 $Y=\alpha - \gamma$ の点からピッチ β で干渉計 $X2$ および $X3$ の出力を取り込む必要がある。すなわち、 $\alpha=N\beta$ の関係が成立しな

こともできる。

い場合には、 $\alpha=N\beta$ の関係が成立する本実施例よりも約2倍の点で測定を行う必要がある。

【0039】また、上述の実施例では、被検査面上の各点における位置情報を検出するための検出手段として干渉計を用いて本発明を説明している。しかしながら、干渉計以外の他の適当な3軸検出手段を用いて本発明を実施することが可能なことはいうまでもない。

【0040】また、以上の実施例では、たとえば X 方向干渉計を3つ配置し、 X 方向干渉計($X1 \sim X3$)の中間に位置する干渉計 $X2$ を、上記(4)式等に示される如く、 $Y=k\beta$ および $Y=\alpha + k\beta$ の時の2つの検出力に寄与する構成とした例を示している。しかしながら、本発明はこの例に限定されることなく、たとえば、さらに干渉計 $X2$ の機能を分担する干渉計 $X2'$ を干渉計 2 と干渉計 3 との間に配置して4軸干渉計の構成とし、 $Y=k\beta$ の時には干渉計 $X1$ と干渉計 $X2$ との各出力から $x2(k\beta) - x1(k\beta)$ を求め、 $Y=\alpha + k\beta$ の時には新たに追加された干渉計 $X2'$ と干渉計 $X3$ との各出力から $x2'(\alpha + k\beta) - x3(\alpha + k\beta)$ を求める構成としてもよい。さらには、本発明は、干渉計 $X1$ と干渉計 $X2$ とを第1の差動干渉計となる如く構成するとともに、干渉計 $X2'$ と干渉計 $X3$ とを第2の差動干渉計となる如く構成してもよい。

【0041】

【効果】以上説明したように、本発明によれば、各測定状態における各干渉計の出力に基づいて、干渉計の間隔差 β の周期で被検査面の面形状を測定することが可能となる。換言すれば、干渉計の間隔差 β を所望の値に設定することにより、各干渉計の最小間隔よりも小さな周期(ピッチ)で高次の面形状を高精度に測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例にかかる面形状測定装置の構成を概略的に示す斜視図である。

【図2】本発明の作用についてその原理を説明する図である。

【図3】本発明の作用についてその原理を説明する図である。

【図4】図1の実施例において面形状の測定中にステージに回転が起こった場合の測定値の補正について説明する図であって、(a)はステージの直線運動中において回転が起こっていない状態を、(b)はステージの直線運動中において回転が起こった状態をそれぞれ示している。

【図5】本発明における誤差の累積について説明する図である。

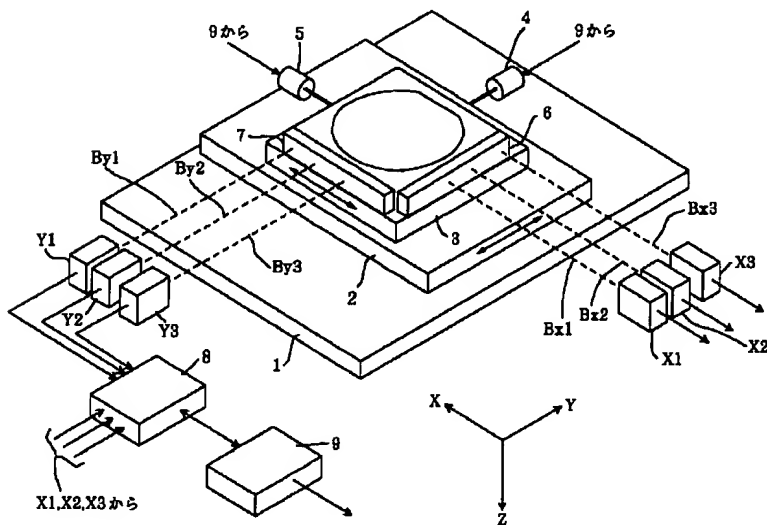
【図6】本発明における誤差の累積について説明する図である。

【符号の説明】

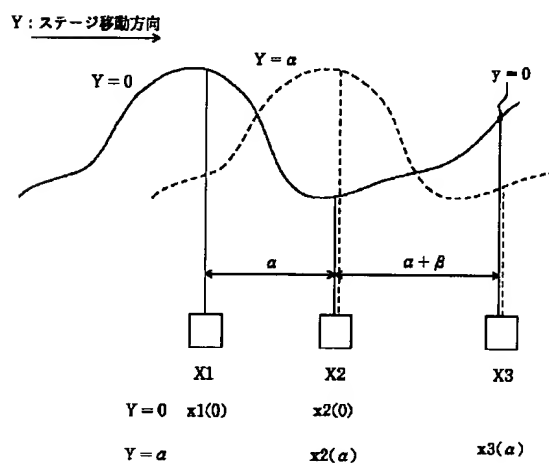
- 1 ベース（基盤）
2 Yステージ
3 Xステージ

- 4、5 モータ
6 X軸移動鏡
7 Y軸移動鏡
8 制御系
9 駆動系
X1～X3 X方向干渉計
Y1～Y3 Y方向干渉計

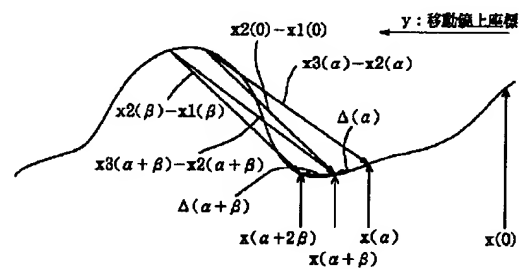
【図1】



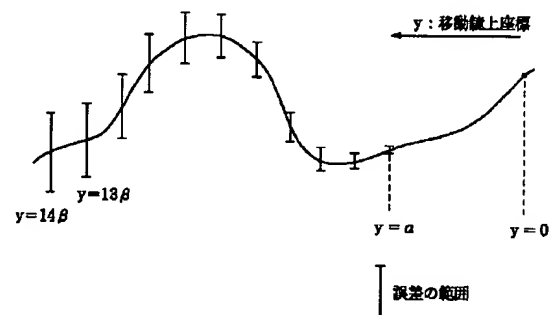
【図2】



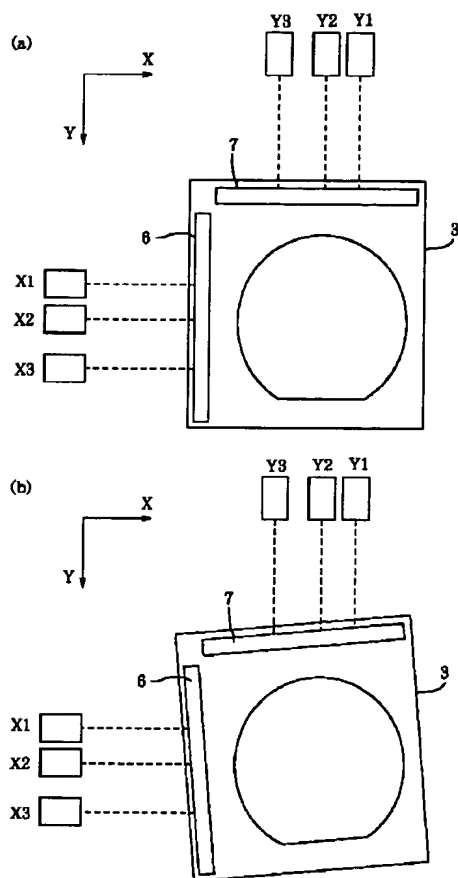
【図3】



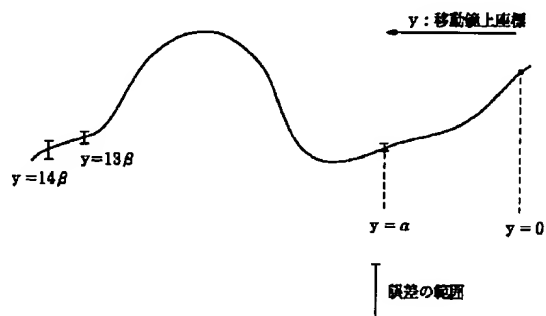
【図5】



【図4】



【図6】



011477749 **Image available**

WPI Acc No: 1997-455656/*199742*

XRPX Acc No: N97-379542

Surface shape measuring method of reflecting planar mirror - involves measuring surface shape of tested surface from first measurement state in number of points existing with period of distance difference along measurement direction

Patent Assignee: NIKON CORP (NIKR)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

| Patent No | Kind | Date | Applicat No | Kind | Date | Week |
|------------|------|----------|-------------|------|----------|----------|
| JP 9210648 | A | 19970812 | JP 9644282 | A | 19960206 | 199742 B |

Priority Applications (No Type Date): JP 9644282 A 19960206

Patent Details:

| Patent No | Kind | Lan | Pg | Main IPC | Filing Notes |
|------------|------|-----|----|-------------|--------------|
| JP 9210648 | A | | 9 | G01B-011/24 | |

Abstract (Basic): JP 9210648 A

The method involves using a first interferometer which detects the positional information of a first point on a tested surface in predetermined direction. A second interferometer detects positional information of a second point on the tested surface also in predetermined direction, where a first distance (α) is separated between the first and second points. The third interferometer detects positional information of a third point on tested surface in predetermined direction, where a second distance ($\alpha + \beta$) is separated between the first point and the third point.

The same process is continued for 'n' times, where 'n' is a natural number. The surface shape of a tested surface is measured based on first measurement state in number of points existing with a period of distance difference (β) along the measurement direction, based on output of third interferometer.

ADVANTAGE - Measures surface shape with high precision by desired pitch. Establishes interval difference β at desired value.

Dwg.1/6

Title Terms: SURFACE; SHAPE; MEASURE; METHOD; REFLECT; PLANE; MIRROR;
MEASURE; SURFACE; SHAPE; TEST; SURFACE; FIRST; MEASURE; STATE; NUMBER;
POINT; EXIST; PERIOD; DISTANCE; DIFFER; MEASURE; DIRECTION

Derwent Class: S02

International Patent Class (Main): G01B-011/24

International Patent Class (Additional): G01B-009/02

File Segment: EPI